

SiO_x/TiO_x/SiO_x 構造抵抗変化素子の過渡応答評価

Transient response characteristics of SiO_x/TiO_x/SiO_x resistive changing device

工学院大学 工学部 電気電子工学科 高機能デバイス研究室

牧島唯斗

指導教員 相川慎也, 研究協力者 岩澤侑司, 中村光我

情報社会の発展に伴い, 新たなメモリデバイスの開発が求められている. 本研究では, これまで当研究室で作製してきた積層抵抗変化層を用いたメモリデバイスに対し, パルス印加等で動作させ, 過渡応答を評価することを目的とする. 測定結果から, 高速動作の可能性を議論する.

キーワード: 抵抗変化メモリ, 酸化物半導体, パルス印加

1. 緒言

近年, 急速な情報社会の発展に伴い, メモリデバイスの需要が増加し, 大容量化, 高速化が求められている. 従来のトランジスタメモリは, 速度および微細化の限界が問題視されている. この問題は次世代型不揮発性メモリで解決できる. 次世代型不揮発性メモリは従来メモリに対し, 情報の記憶だけでなく処理も可能である. 中でも, 抵抗変化メモリ (ReRAM) は占有面積の小ささと高速動作の観点で優れているため着目した.

ReRAM は単純な金属/絶縁体(抵抗変化層)/金属 (MIM) 構造で構成されており, 電界によって情報を書き換えて記憶する素子である. ReRAM の電極には, 主に白金(Pt)が用いられてきた. しかし Pt を含む貴金属は, 電極と抵抗変化層の間に酸素ガスを発生させ, デバイスを破壊する問題点があった [1].

当研究室ではタングステン(W)を電極として用いることで酸素ガスの発生を抑制しつつ, 抵抗変化層に酸化チタン (TiO_x) を用いることで低コスト化した. しかし, TiO_x は抵抗変化が不安定であり, デバイスの動作回数が 10 回程度まで少なくなった. 我々は, この問題を酸素リザーバー層の役割を持つ酸化ケイ素(SiO_x)で抵抗変化層を挟むことで解決し, 動作回数を 100 回程度まで上昇させた. しかし

ながら, 作製した抵抗変化素子の動作速度とそのメカニズムは未解明のままである. 本研究では W/SiO_x/TiO_x/SiO_x/W 構造の抵抗変化素子を作製した. この時, SiO_x 層の性質を変化させてそれぞれ実際に測定し, 動作速度と挿入膜が及ぼす影響を観測したので報告する.

2. 実験方法

最初に, アセトン/IPA で超音波洗浄した Si 基板上に, RF マグネトロンスパッタ装置を用いて Ti を 5 nm 成膜して接着層とした. そののちに W を 50 nm 成膜して下部電極とした. 次に酸素リザーバー層成膜のため, RF マグネトロンスパッタ装置で SiO_x を 15 nm 成膜し, 卓上ランプ加熱装置を用いて加熱した. 加熱条件は酸素雰囲気下で 200, 300, 400 °C : 10 分とした. 続いて抵抗変化層成膜のため, 再び RF マグネトロンスパッタ装置を用いて Ti を 20 nm 堆積させた後, 卓上ランプ加熱装置を用いて加熱した. 加熱条件は酸素雰囲気下で 300 °C : 10 分とした. その後 RF マグネトロンスパッタ装置 SiO_x を 15 nm 成膜して酸素リザーバー層とし, W を 50 nm 成膜して上部電極とした.

電気特性として, まずマニュアルプローブ上で半導体パラメータアナライザーを接続し, 室温・大気圧下で電流-電圧(I - V)特性を測定した. 測定プロ

グラムは $0\text{ V} \rightarrow -5\text{ V} \rightarrow 0\text{ V} \rightarrow +5\text{ V} \rightarrow 0\text{ V}$ とし、 25 mV/s の速度で電圧を掃引した。測定に用いたプログラムを Fig.1 に示す。また測定には Fig.2 の回路を用いた。

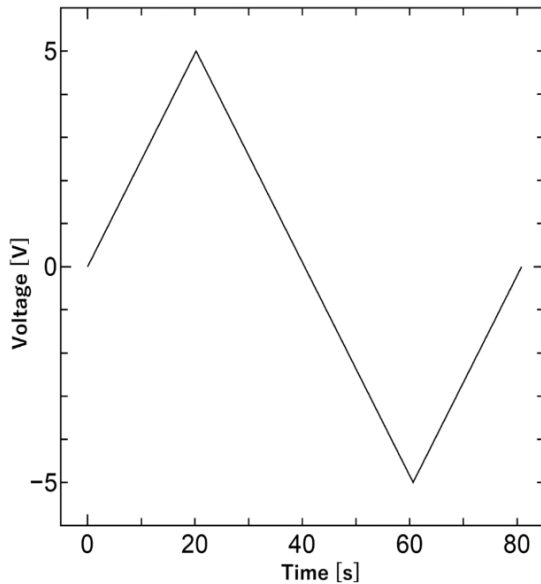


Fig.1 測定プログラム

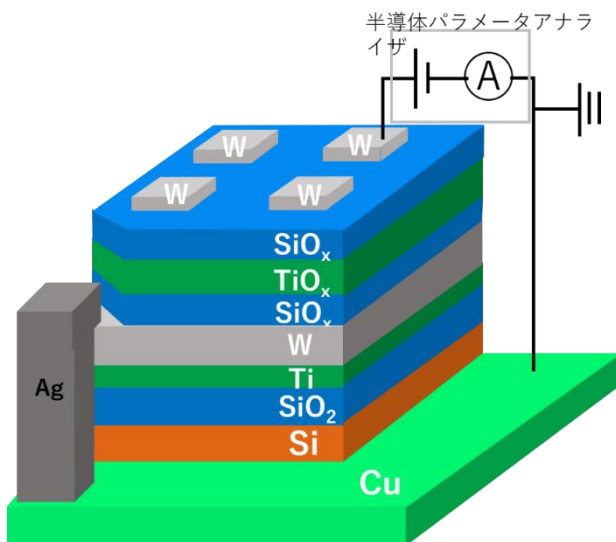


Fig.2 測定に使用した回路とデバイス

3. 実験結果及び考察

SiO_x 層を $300\text{ }^\circ\text{C}$ 10 分で加熱したデバイスの I - V 特性を Fig.3 に示す。作製した素子は、 $+2.9\text{ V}$ で高抵抗状態から低抵抗状態へ急激に移した (SET)。そののち、 -4 V で低抵抗状態から高抵抗状態へと急激に移した (RESET)。この SET・RESET は酸化チタンの酸素空孔に起因すると考えられる。酸素空孔が移動してフィラメントを作ることにより SET し、フィラメントが破断することで RESET する。加えて測定プログラムから、抵抗変化にかかる時間が 0.2 s 未満であることが分かった。これにより、空孔の移動時間が 0.2 s 未満であることが考えられる。

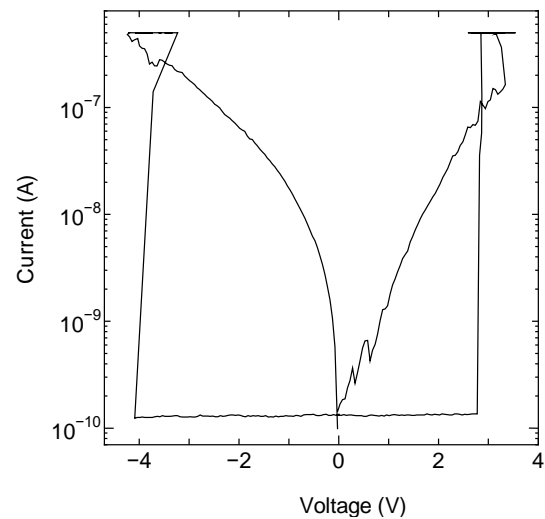


Fig.3 作製した素子の I - V 特性

4. 結論

本研究では、 $\text{W}/\text{SiO}_x/\text{TiO}_x/\text{SiO}_x/\text{W}$ 構造の抵抗変化素子を作製し、 SiO_x が及ぼす影響を調査した。また詳細な抵抗変化の速度と、挿入膜が及ぼす影響について当日報告する。

5. 参考文献

- [1] D.Acharyya, *et al.*, Microelectron Reliab. 54 pp.541-560 (2014)